

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-4347

(P2001-4347A)

(43)公開日 平成13年1月12日(2001.1.12)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターミナル(参考)

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

A 2 F 0 6 5

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

6 4 5 A 2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平11-174951

(22)出願日

平成11年6月22日(1999.6.22)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 宮崎 陽子

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 池野 昌彦

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(74)代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外2名)

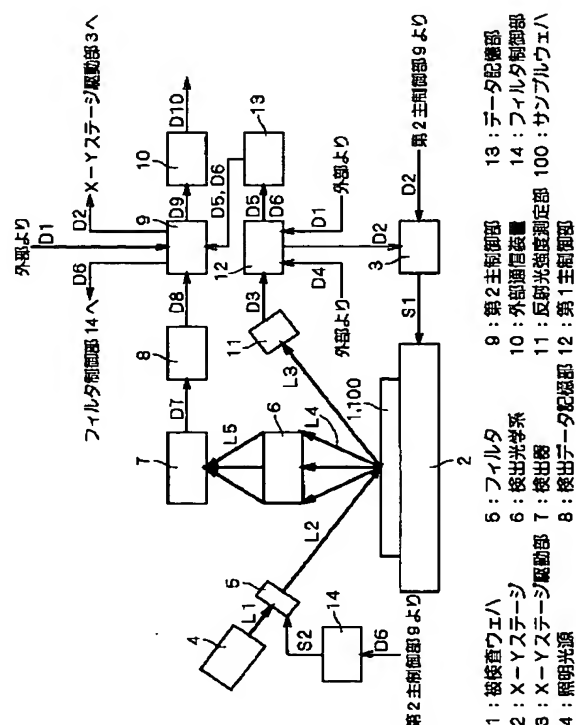
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 欠陥検査装置

(57)【要約】

【課題】 検査対象に生じている欠陥を高精度に検出し得る欠陥検査装置を得る。

【解決手段】 第1主制御部12は、反射率のウェハ面内における分布を作成し、これに基づいて照射光制御データD6を生成する。この照射光制御データD6は、ウェハ面内の全ての箇所では反射光L3の強度が平均値K2になるように照射光L2の強度を調整するための制御データである。フィルタ制御部14は、照射光制御データD6に基づいてフィルタ制御信号S2をフィルタ5に入力する。フィルタ5における照射光L1の透過率あるいは反射率は、フィルタ制御信号S2によって制御される。その結果、被検査ウェハ1からの反射光L4の強度は、ウェハ面内において均一に制御される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検査対象の検査面に光を照射する光照射部と、
前記検査面内における前記光の反射率の分布に基づいて、前記検査面で反射される反射光の強度を前記検査面に関して均一にするための照射光制御データを生成するデータ生成部と、
前記光照射部から前記検査面に照射される前記光の強度を前記照射光制御データに基づいて制御する光強度制御部と、
前記検査面で反射された前記反射光、若しくは前記光による前記検査面からの散乱光を受光することにより、前記検査面における欠陥の有無を検査する検査部とを備える欠陥検査装置。

【請求項 2】 前記光強度制御部は、
前記光照射部と前記検査面との間の光路中に配置されたフィルタ面を有する液晶フィルタと、
前記フィルタ面における前記光の透過率を前記照射光制御データに基づいて制御するフィルタ制御部とを有する、請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 3】 前記液晶フィルタは、前記透過率を前記フィルタ面内において非均一的に制御可能なフィルタである、請求項 2 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 4】 前記検査対象は表面に膜が形成されたウェハである、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置。

【請求項 5】 前記検査対象は、複数のチップが行列状に配置されたウェハであり、
前記データ生成部は、前記チップごとあるいはダイごとの前記反射率に基づいて前記照射光制御データを生成し、
前記光強度制御部は、前記チップごとあるいは前記ダイごとに前記光の強度を制御する、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置。

【請求項 6】 前記検査対象は、複数のチップが行列状に配置されたウェハであり、
前記データ生成部には、前記ウェハのウェハ面内における前記反射率の予想分布に応じて前記複数のチップを第 1 及び第 2 の群に分類した分類データが入力され、
前記データ生成部は、前記第 1 の群に属する一又は複数の第 1 のチップに関して代表的に求めた第 1 の反射率を、前記第 1 の群に属する全ての前記チップの前記反射率として決定し、前記第 2 の群に属する一又は複数の第 2 のチップに関して代表的に求めた第 2 の反射率を、前記第 2 の群に属する全ての前記チップの前記反射率として決定し、
前記光強度制御部は、前記第 1 及び第 2 の群ごとに前記光の強度を制御する、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置。

【請求項 7】 前記検査対象は、複数のチップが行列状

に配置されたウェハであり、

前記データ生成部には、前記複数のチップを、前記欠陥が生じやすいと予想される第 1 の群と、前記欠陥が生じにくいと予想される第 2 の群とに分類した分類データが入力され、

前記データ生成部は、前記第 1 の群に属する第 1 のチップに関しては、前記チップごとあるいはダイごとに前記反射率を求め、前記第 2 の群に属する第 2 のチップに関しては、一又は複数の前記第 2 のチップに関して代表的に求めた前記反射率を、前記第 2 の群に属する全ての前記チップの前記反射率として決定し、

前記光強度制御部は、前記第 1 のチップに関しては前記チップごとあるいは前記ダイごとに前記光の強度を制御し、前記第 2 のチップに関しては、代表的に求めた前記反射率に基づいて、前記光の強度を共通に制御する、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置。

【請求項 8】 前記検査対象は、異なる種類の半導体素子が作り込まれた複数の領域を有するチップであり、
前記データ生成部は、前記領域ごとの前記反射率に基づいて前記照射光制御データを生成し、

前記光強度制御部は、前記領域ごとに前記光の強度を制御する、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置。

【請求項 9】 前記検査対象は、異なる種類の半導体素子が作り込まれた複数の領域を有するチップであり、
前記検査部には、前記欠陥の存在が前記チップにとって致命的となり得る致命領域に関する情報と、前記致命領域に前記欠陥が存在した場合に、前記欠陥のサイズが前記チップにとって致命的となる致命サイズに関する情報とがデータとして入力され、
前記検査部は、前記データに基づいて、前記致命領域に存在する前記致命サイズ以上の前記欠陥のみを検出する、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 この発明は、ウェハやチップ等の検査対象の欠陥の有無を検査するための欠陥検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 欠陥には、検査対象の表面上に付着した異物や、検査対象のパターン欠陥等がある。以下、検査対象が半導体装置である場合を例にとり説明する。

【0003】 図 19 は、従来の欠陥検査装置の構成を概略的に示すブロック図である。図 19 に示すように従来の欠陥検査装置は、検査対象たるウェハ 100 を載置するための X-Y ステージ 101 と、対物レンズ 102 と、Xe ランプ 103 と、TV カメラ 104 と、A/D 変換器 105 と、画像メモリ 106 と、欠陥判定装置 107 とを備えている。また、図 20 は、ウェハ 100 の

構成を部分的に拡大して示す上面図である。図 20 に示すようにウェハ 100 には、複数のチップ 110 が行列状に配置されている。

【0004】以下、チップ 110 b 内に作り込まれた回路パターン 111 b に欠陥が生じているか否かを、図 19 に示した欠陥検査装置を用いて検査する方法について説明する。まず、回路パターン 111 b が Xe ランプ 103 の照射位置に来るように、X-Y ステージ 101 によってウェハ 100 を移動する。次に、Xe ランプ 103 によって回路パターン 111 b を照射する。回路パ

ターン 111 b からの反射光は対物レンズ 102 を介して TV カメラ 104 に到達し、TV カメラ 104 はその反射光を画像として検出する。検出された画像は A/D 変換器 105 によってデジタル信号に変換され、画像データ DB として欠陥判定装置 107 に入力される。

【0005】画像メモリ 106 には、チップ 110 a 内に作り込まれた回路パターン 111 a に関する画像データ DA が予め入力されている。欠陥判定装置 107 は、画像メモリ 106 から画像データ DA を入力し、画像データ DB から画像データ DA を差分する。図 21 は、画像データ DA、画像データ DB、及び両者の差分データ DB-DA を表す図である。ここで、図 21 の上段には、画像データ DA、DB 及び差分データ DB-DA をそれぞれ平面的に表しており、下段には、ライン L に沿った位置におけるデジタル値を、明るさとして表している。回路パターン 111 b に欠陥が生じている場合、その欠陥は欠陥データ 112 として画像データ DB 中に現れる。そして、画像データ DB から画像データ DA を差分した結果、その欠陥データ 112 の明るさが所定のしきい値 X1 以上である場合、欠陥判定装置 107 は、回路パターン 111 b 中の欠陥データ 112 に対応する箇所に欠陥が生じていると判定する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような従来の欠陥検査装置には、以下のような問題点があった。

【0007】第 1 の問題点。以上のように従来の欠陥検査装置は、画像データ DB から画像データ DA を差分することにより得られた差分データ DB-DA の値と、所定のしきい値 X1 とを比較することによって欠陥の有無を判定する。ところで、CMP 工程を実行した後のウェハ等においては、ウェハ面内の箇所によって膜厚が異なる場合がある。このような場合、膜厚の相違によって反射光の強度が異なる。そのため、欠陥が生じていない箇所においても差分データ DB-DA の値がゼロとはならず、ノイズとして検出される（図 22）。従って、差分データ DB-DA 中にしきい値 X1 以上のデータを検出しても、それが欠陥によるものなのか、ノイズによるものなのかを区別することが困難である。一方、ノイズを検出しないようにしきい値を X2 に上げると、欠陥データを検出できなくなる。そして、近年における半導体装

置の微細化に伴い、光学系の性能限界に起因して検出時のパターン解像度が低下していることも相俟って、従来の欠陥検査装置では欠陥の検出精度が低いという問題点があった。

【0008】第 2 の問題点。チップ内に欠陥が生じていたとしても、その欠陥のチップ内における存在位置によっては、デバイスにとってその欠陥が致命的になる場合とならない場合とがある。にも拘わらず従来の欠陥検査装置は、チップ内に生じている欠陥を、その存在位置とは無関係に全て検出していた。従って、検出された欠陥が真に歩留まりに影響を及ぼすものであるか否かを判断することができず、その結果、欠陥を引き起こすプロセス不良や装置発塵の対策が遅れ、ひいては製造コストの増大を招来するという問題点があった。

【0009】本発明はこれらの問題点を解決するために成されたものであり、検査対象に生じている欠陥を高精度及び効率的に検出し得る欠陥検査装置を得ることを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明のうち請求項 1 に記載の欠陥検査装置は、検査対象の検査面に光を照射する光照射部と、検査面内における光の反射率の分布に基づいて、検査面で反射される反射光の強度を検査面に関して均一にするための照射光制御データを生成するデータ生成部と、光照射部から検査面に照射される光の強度を照射光制御データに基づいて制御する光強度制御部と、検査面で反射された反射光、若しくは光による検査面からの散乱光を受光することにより、検査面における欠陥の有無を検査する検査部とを備えるものである。

【0011】また、この発明のうち請求項 2 に記載の欠陥検査装置は、請求項 1 に記載の欠陥検査装置であって、光強度制御部は、光照射部と検査面との間の光路中に配置されたフィルタ面を有する液晶フィルタと、フィルタ面における光の透過率を照射光制御データに基づいて制御するフィルタ制御部とを有することを特徴とするものである。

【0012】また、この発明のうち請求項 3 に記載の欠陥検査装置は、請求項 2 に記載の欠陥検査装置であって、液晶フィルタは、透過率をフィルタ面内において非均一的に制御可能なフィルタであることを特徴とするものである。

【0013】また、この発明のうち請求項 4 に記載の欠陥検査装置は、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置であって、検査対象は表面に膜が形成されたウェハであることを特徴とするものである。

【0014】また、この発明のうち請求項 5 に記載の欠陥検査装置は、請求項 1～3 のいずれか一つに記載の欠陥検査装置であって、検査対象は、複数のチップが行列状に配置されたウェハであり、データ生成部は、チップごとあるいはダイごとの反射率に基づいて照射光制御デ

ータを生成し、光強度制御部は、チップごとあるいはダイごとに前記光の強度を制御することを特徴とするものである。

【0015】また、この発明のうち請求項6に記載の欠陥検査装置は、請求項1～3のいずれか一つに記載の欠陥検査装置であって、検査対象は、複数のチップが行列状に配置されたウェハであり、データ生成部には、ウェハのウェハ面内における反射率の予想分布に応じて複数のチップを第1及び第2の群に分類した分類データが入力され、データ生成部は、第1の群に属する一又は複数の第1のチップに関して代表的に求めた第1の反射率を、第1の群に属する全てのチップの反射率として決定し、第2の群に属する一又は複数の第2のチップに関して代表的に求めた第2の反射率を、第2の群に属する全てのチップの反射率として決定し、光強度制御部は、第1及び第2の群ごとに光の強度を制御することを特徴とするものである。

【0016】また、この発明のうち請求項7に記載の欠陥検査装置は、請求項1～3のいずれか一つに記載の欠陥検査装置であって、検査対象は、複数のチップが行列状に配置されたウェハであり、データ生成部には、複数のチップを、欠陥が生じやすいと予想される第1の群と、欠陥が生じにくいと予想される第2の群とに分類した分類データが入力され、データ生成部は、第1の群に属する第1のチップに関しては、チップごとあるいはダイごとに反射率を求め、第2の群に属する第2のチップに関しては、一又は複数の第2のチップに関して代表的に求めた反射率を、第2の群に属する全てのチップの反射率として決定し、光強度制御部は、第1のチップに関してはチップごとあるいはダイごとに光の強度を制御し、第2のチップに関しては、代表的に求めた反射率に基づいて、光の強度を共通に制御することを特徴とするものである。

【0017】また、この発明のうち請求項8に記載の欠陥検査装置は、請求項1～3のいずれか一つに記載の欠陥検査装置であって、検査対象は、異なる種類の半導体素子が作り込まれた複数の領域を有するチップであり、データ生成部は、領域ごとの反射率に基づいて照射光制御データを生成し、光強度制御部は、領域ごとに光の強度を制御することを特徴とするものである。

【0018】また、この発明のうち請求項9に記載の欠陥検査装置は、請求項1～3のいずれか一つに記載の欠陥検査装置であって、検査対象は、異なる種類の半導体素子が作り込まれた複数の領域を有するチップであり、検査部には、欠陥の存在がチップにとって致命的となり得る致命領域に関する情報と、致命領域に欠陥が存在した場合に、欠陥のサイズがチップにとって致命的となる致命サイズに関する情報とがデータとして入力され、検査部は、データに基づいて、致命領域に存在する致命サイズ以上の欠陥のみを検出することを特徴とするもので

ある。

【0019】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は、本発明の実施の形態1に係る欠陥検査装置の構成を示すブロック図である。X-Yステージ2上には、被検査ウェハ1あるいはサンプルウェハ100が載置される。ここで、サンプルウェハ100は、被検査ウェハ1と同様の構成を有し、かつ欠陥が生じていないウェハである。図2は、本実施の形態1に係る被検査ウェハ1及びサンプルウェハ100の構成を示す側面図である。被検査ウェハ1及びサンプルウェハ100の表面上には、膜21が全面に形成されている。このように表面に膜が形成されたウェハは、一般に「膜付きウェハ」とも称されている。

【0020】図1の説明に戻り、レンズ等の検出光学系6が、被検査ウェハ1あるいはサンプルウェハ100の上方に配置されており、TVカメラ又は光電子増倍管等の検出器7が、検出光学系6の上方に配置されている。また、照明光源4が、被検査ウェハ1あるいはサンプルウェハ100の斜め上方に配置されており、照明光源4と被検査ウェハ1あるいはサンプルウェハ100の間には、照明光源4から照射される光の強度を時系列的に調整するためのフィルタ5が配置されている。このフィルタ5としては、偏光板を回転させる機構を有する一般的なアッテネータ形式のフィルタを使用することができる。また、被検査ウェハ1あるいはサンプルウェハ100の斜め上方には、受光部を有する反射光強度測定部11が配置されている。

【0021】反射光強度測定部11の出力は第1主制御部12の入力に接続されており、第1主制御部12の出力は、データ記憶部13の入力及びX-Yステージ駆動部3の入力にそれぞれ接続されている。データ記憶部13の出力は第2主制御部9の入力に接続されており、X-Yステージ駆動部3の出力はX-Yステージ2の入力に接続されている。

【0022】また、検出器7の出力は検出データ記憶部8の入力に接続されており、検出データ記憶部8の出力は第2主制御部9の入力に接続されている。第2主制御部9の出力は、外部通信装置10の入力、X-Yステージ駆動部3の入力、及びフィルタ制御部14の入力にそれぞれ接続されている。フィルタ制御部14の出力はフィルタ5の入力に接続されている。

【0023】以下、被検査ウェハ1の欠陥の有無を、図1に示した欠陥検査装置を用いて検査する方法について説明する。まず、サンプルウェハ100の形状に関するデータD1（本実施の形態1では、サンプルウェハ100の輪郭に関するデータに相当する）を外部から第1主制御部12に入力するとともに、サンプルウェハ100をX-Yステージ2上に載置する。第1主制御部12はデータD1に基づいて座標データD2を作成し、この座標データD2をX-Yステージ駆動部3に入力する。X

ーYステージ駆動部3は座標データD2に基づいて駆動信号S1を出力し、この駆動信号S1によってX-Yステージ2を駆動することにより、サンプルウェハ100を座標データD2で表される所定の位置に移動する。そして、照明光源4からサンプルウェハ100に照射光L2を照射する。照射光L2はサンプルウェハ100の表面で反射され、その反射光L3は反射光強度測定部11によって受光される。

【0024】反射光強度測定部11は、受光した反射光L3の強度を測定し、データD3として第1主制御部12に入力する。第1主制御部12には照射光L2の強度に関するデータD4が外部から予め入力されている。第1主制御部12は、データD3とデータD4とに基づいて、座標データD2で表される位置におけるサンプルウェハ100の反射率を算出する。

【0025】第1主制御部12は、データD1に基づいて座標データD2を繰り返し更新して出力し、サンプルウェハ100のウェハ面内の各位置における反射率を、上記と同様の動作により算出する。具体的には図3、4に示すように、サンプルウェハ100のウェハ面内を一定ピッチで走査しながら各ポイント22での反射光L3の強度をそれぞれ測定し、これに基づいて各ポイント22での反射率を算出する。

【0026】図5は、図3に示したラインXに沿った位置における反射光L3の強度の測定結果の一例を示す図である。反射光強度Kの強弱により、KがほぼK1である領域Rdと、Kが $K1 < K < K3$ である領域Rmと、KがほぼK3である領域Rbとに分類することができる。また、図6、7は、反射光L3の強度のウェハ面内における分布を例示する図である。反射光L3の強度は、図6に示す例では同心円状に分布しており、図7に示す例では局所的に分布している。特に図6に示すような分布は、CMP工程を実行した後のウェハに多く見られる。

【0027】図1の説明に戻り、第1主制御部12は、得られた反射光L3の強度分布に基づいて反射光L3の強度の平均値K2を算出し、基準データD5としてデータ記憶部13に入力する。また、第1主制御部12は、ウェハ面内における反射率の分布を作成し、これに基づいて照射光制御データD6を生成してデータ記憶部13に入力する。この照射光制御データD6は、ウェハ面内の全ての箇所での反射光L3の強度が平均値K2になるように照射光L2の強度を調整するための制御データである。データ記憶部13は、入力された基準データD5及び照射光制御データD6を記憶する。

【0028】次に、被検査ウェハ1の形状に関するデータD1を外部から第2主制御部9に入力するとともに、被検査ウェハ1をX-Yステージ2上に載置する。第2主制御部9は座標データD2を作成し、この座標データD2をX-Yステージ駆動部3に入力する。X-Yステ

ージ駆動部3は座標データD2に基づいて駆動信号S1を出力し、この駆動信号S1によってX-Yステージ2を駆動することにより、被検査ウェハ1を座標データD2で表される所定の位置に移動する。

【0029】また、第2主制御部9は、データ記憶部13から照射光制御データD6を入力し、この照射光制御データD6をフィルタ制御部14に入力する。このとき、フィルタ5には照明光源4から照射光L1が照射されている。フィルタ制御部14は、入力された照射光制御データD6に基づいてフィルタ制御信号S2を作成し、このフィルタ制御信号S2をフィルタ5に入力する。フィルタ5における照射光L1の透過率あるいは反射率は、フィルタ制御信号S2によって制御される。その結果、被検査ウェハ1の座標データD2で表される位置には、フィルタ5によって強度が制御された照射光L2が照射される。照射光L2は被検査ウェハ1の表面で反射（若しくは散乱）され、その反射光（若しくは散乱光）L4は検出光学系6によって集光されて、検出器7で検出される。検出器7における検出信号は検出データD7として検出データ記憶部8に入力され、検出データ記憶部8で記憶される。

【0030】第2主制御部9は、データD1に基づいて座標データD2を繰り返し更新して出力する。そして、座標データD2によって表される被検査ウェハ1内の位置に応じて、フィルタ5における照射光L1の透過率あるいは反射率が時系列的に制御されつつ、上記と同様の動作が、被検査ウェハ1のウェハ面内の各位置に関して繰り返し実行される。図8は、フィルタ5による制御後の、反射光L4の強度分布を示す図である。反射光L4の強度Kは、領域Rb、Rm、Rdの全ての位置において、ほぼ平均値K2に制御されていることが分かる。

【0031】次に、第2主制御部9は、検出データ記憶部8から検出データ列D8を入力するとともに、データ記憶部13から基準データD5を入力し、検出データ列D8と基準データD5とを比較する。そして、図9に示すように、検出データ列D8によって表される反射光L4の強度が、基準データD5によって表される平均値K2から所定のしきい値 ΔK 以上ずれている場合や、そのずれの度合いが統計的分散値を大きく越えている場合（例えば、中央値 $\pm 3\sigma$ 、 σ ：標準偏差）は、被検査ウェハ1内のその位置に欠陥が生じていると判断する。

【0032】第2主制御部9による欠陥判定結果は、データD9として外部通信装置10に入力され、外部通信装置10はデータD10として装置外部に出力する。

【0033】なお、以上の説明では、被検査ウェハ1の欠陥検査時に使用される照明光源4を使用して、反射率の分布を求めた。しかし、必ずしも同一の照明光源を使用する必要はなく、同一の効果が得られるものであれば異なる照明光源を使用してもよい。

【0034】また、以上の説明では、被検査ウェハ1の

10

20

30

40

50

欠陥検査を開始する前に、サンプルウェハ 100 を用いて反射率の分布を求めた。しかし、サンプルウェハ 100 を用いるのではなく、被検査ウェハ 1 自身を使用することにより、被検査ウェハ 1 の欠陥検査時あるいは検査レシピの作成時に反射率の分布を求めてもよい。膜厚分布が各被検査ウェハ 1 ごとに異なる場合は、各被検査ウェハ 1 ごとに反射率の分布を求める必要がある。

【0035】さらに、以上の説明では、第 2 主制御部 9 は、反射光 L 4 の強度が平均値 K 2 から大きくずれている場合や、そのずれの度合いが統計的分散値を大きく越えている場合に欠陥が生じていると判断した。しかし、従来の欠陥検査装置と同様に、差分画像に基づいて欠陥を抽出するというアルゴリズムを使用することは十分可能である。

【0036】このように本実施の形態 1 に係る欠陥検査装置によれば、ウェハ面内における光の反射率の分布を予め求め、検査時には、被検査ウェハ 1 からの反射光 L 4 の強度がウェハ面内で均一になるように、照射光 L 2 の強度をフィルタ 5 によって制御する。従って、膜厚の相違に起因してウェハ面内で反射光の強度が異なる場合であって、ノイズの発生を抑制することができ、欠陥の検出精度を高めることができる。

【0037】実施の形態 2. 本実施の形態 2 では、上記実施の形態 1 に係る欠陥検査装置を、膜付きウェハではなく、パターン付きウェハの欠陥検査に適用する方法を提案する。本明細書において「パターン付きウェハ」とは、図 10 に示すように、複数のチップ 30 が行列状にパターンを成して配置されているウェハを意味する。

【0038】以下、被検査ウェハ 1 の欠陥の有無を図 1 に示した欠陥検査装置を用いて検査する方法について、上記実施の形態 1 との相違点を中心に説明する。まず、サンプルウェハ 100 の形状に関するデータ D 1 (本実施の形態 2 では、サンプルウェハ 100 のウェハ面内におけるチップ 30 の配置パターンに関するデータに相当する) を外部から第 1 主制御部 12 に入力する。反射光強度測定部 11 は、任意のチップ 30 (便宜上「着目チップ」と称する) 内の複数箇所 (3 箇所以上であることが望ましい) からの反射光 L 3 の強度を測定する。測定箇所は、オペレータが装置に教示してもよく、データ D 1 に基づいて装置がランダムに割り出してもよい。第 1 主制御部 12 は、測定された複数の強度の平均値を算出し、その平均値を着目チップ 30 からの反射光 L 3 の強度として認識する。そして、着目チップ 30 からの反射光 L 3 の強度に基づいて、着目チップ 30 の反射率を算出する。なお、以上の説明では、第 1 主制御部 12 は、チップ 30 内の複数箇所からの反射光 L 3 の強度の平均値を、そのチップ 30 に関する反射光 L 3 の強度として認識した。しかし、チップ 30 内の 1 箇所からの反射光 L 3 の強度を代表的に測定し、その強度を、そのチップ 30 に関する反射光 L 3 の強度として認識することもで

きる。

【0039】以上の動作をサンプルウェハ 100 内の全てのチップ 30 に関して繰り返し実行し、各チップ 30 からの反射光 L 3 の強度、その平均値 K 2、及び各チップ 30 の反射率を求める。第 1 主制御部 12 は、反射光 L 3 の強度が全てのチップ 30 で平均値 K 2 になるように照射光 L 2 の強度を調整するための、照射光制御データ D 6 を作成する。

【0040】被検査ウェハ 1 の欠陥検査を実行するにあたり、フィルタ制御部 14 は、照射光制御データ D 6 に基づいて、フィルタ 5 の反射率あるいは透過率を各チップ 30 ごとに個別に変化させる。

【0041】このように本実施の形態 2 に係る欠陥検査装置によれば、各チップ 30 の反射率を予め求め、検査時には、各チップ 30 からの反射光 L 4 の強度が均一になるように、照射光 L 2 の強度をフィルタ 5 によって制御する。従って、膜厚の相違に起因して各チップ 30 ごとに反射光の強度が異なる場合であっても、ノイズの発生を抑制することができ、欠陥の検出精度を高めることができる。

【0042】なお、以上の説明では、各チップ 30 ごとに個別に反射率を求め、各チップ 30 ごとに個別に照射光 L 2 の強度を制御する場合について説明した。しかし、半導体装置の製造プロセスにおいては、通常、同一構成の複数のチップの集合(「ダイ」と称する)を一単位として転写やパターニングが行われる。このため、各ダイごとに反射率を求めて、各ダイごとに照射光 L 2 の強度を制御してもよい。これにより、照射光制御データ D 6 を作成するための所要時間を短縮することができる。

【0043】実施の形態 3. 上記実施の形態 2 に係る欠陥検査装置では、各チップ 30 ごとあるいは各ダイごとに個別に照射光 L 2 の強度を制御する必要上、各チップ 30 ごとあるいは各ダイごとに個別に反射率を求める必要があった。従って、検査時に反射光 L 4 の強度を均一にしてノイズを低減するという観点からは優れていても、検査所要時間が長くなる傾向にあった。本実施の形態 3 では、パターン付きウェハの欠陥検査に関して、上記実施の形態 2 に係る欠陥検査装置を基礎としつつ、検査所要時間の短縮を実現し得る欠陥検査装置を提案する。

【0044】以下、被検査ウェハ 1 の欠陥の有無を図 1 に示した欠陥検査装置を用いて欠陥検査を実行する方法について、上記実施の形態 2 との相違点を中心に説明する。まず、サンプルウェハ 100 に配置されている複数のチップ 30 を、複数の群に分類する。製造プロセスの種類によっては、プロセス終了後の膜厚の分布あるいは反射率の分布をある程度予想できる。また、設計データを参照することによっても、膜厚の分布あるいは反射率の分布をある程度予想できる。従って、その予想される

分布に基づいて、複数のチップ 30 を複数の群に分類する。図 11 は、分類の一例を示す図であり、これは、CMP プロセス終了後の膜厚の予想分布に基づいて、複数のチップ 30 を 3 つの群 R1 ~ R3 に分類したものである。また、図 12 は、分類の他の一例を示す図であり、これは、膜厚や反射率の分布は未知であるが、時間的な制約から全てのチップあるいはダイに関する反射率を測定できない場合に、このような分類を採用することができる。

【0045】次に、サンプルウェハ 100 の形状に関するデータ D1（本実施の形態 3 では、サンプルウェハ 100 のウェハ面内におけるチップ 30 の配置パターンと、チップ 30 の分類とに関するデータに相当する）を、外部から第 1 主制御部 12 に入力する。反射光強度測定部 11 は、群 R1 に属する複数のチップ 30 のうち、代表的に特定した複数個（3 個以上であることが望ましい）のチップ 30 からの反射光 L3 の強度を測定する。測定チップは、オペレータが装置に教示してもよく、データ D1 に基づいて装置がランダムに割り出してもよい。第 1 主制御部 12 は、測定された複数の強度の平均値を算出し、その平均値を、群 R1 に属する全てのチップ 30 に関する反射光 L3 の強度として認識する。第 1 主制御部 12 は、その反射光 L3 の強度に基づいて反射率を算出する。なお、以上の説明では、第 1 主制御部 12 は、複数個のチップ 30 からの反射光 L3 の強度の平均値を、群 R1 に属する全てのチップ 30 に関する反射光 L3 の強度として認識した。しかし、群 R1 に属する 1 個のチップ 30 からの反射光 L3 の強度を代表的に測定し、その強度を、群 R1 に属する全てのチップ 30 に関する反射光 L3 の強度として認識することもできる。

【0046】以上の動作を群 R2, R3 に関しても同様に実行し、チップ 30 からの反射光 L3 の強度及びチップ 30 の反射率を各群ごとに求めるとともに、チップ 30 からの反射光 L3 の強度の平均値 K2 を算出する。第 1 主制御部 12 は、反射光 L3 の強度が全ての群 R1 ~ R3 で平均値 K2 になるように照射光 L2 の強度を調整するための、照射光制御データ D6 を作成する。

【0047】被検査ウェハ 1 の欠陥検査を実行するにあたり、フィルタ制御部 14 は、照射光制御データ D6 に基づいて、フィルタ 5 の反射率あるいは透過率を各群 R1 ~ R3 ごとに個別に変化させる。

【0048】このように本実施の形態 3 に係る欠陥検査装置によれば、チップ 30 の反射率を各群 R1 ~ R3 ごとに個別に求め、検査時には、照射光 L2 の強度をフィルタ 5 によって各群 R1 ~ R3 ごとに制御する。従って、各チップ 30 ごとあるいは各ダイごとに個別に反射率を求める上記実施の形態 2 に係る欠陥検査装置と比較すると、反射率を求めるべきチップ 30 の数が少なくなるため、検査の所要時間を短縮することができる。

【0049】図 13, 14 は、分類の他の一例を示す図である。ここでは、ウェハ内で欠陥が発生しやすい領域が経験的に分かっている場合に、欠陥の生じやすさに応じて、複数のチップ 30 を 3 つの群 R1 ~ R3 に分類したものである。具体的には、群 R1, R2 に属するチップ 30 では欠陥が発生しやすく、群 R3 に属するチップ 30 では欠陥が発生しにくい場合を想定している。特に図 14 に示す分布は、拡散炉等の減圧 CVD 装置を用いてデポジション膜を形成した後の欠陥検査に有効である。

【0050】欠陥が発生しにくい群 R3 に属するチップ 30 に関しては、上記と同様に、群 R3 に属する複数のチップ 30 の中から代表的に特定した一又は複数個のチップ 30 に関して反射率を求める。そして、検査時においても、群 R3 に属するチップ 30 に関しては、代表的に求めた反射率に基づいて、照射光 L2 の強度を共通に制御する。一方、欠陥が発生しやすい群 R1, R2 に属するチップ 30 に関しては、上記実施の形態 2 と同様に、各チップ 30 ごとあるいは各ダイごとに個別に反射率を求める。そして、検査時においても、各チップ 30 ごとあるいは各ダイごとに個別に照射光 L2 の強度を制御する。これにより、欠陥が発生しにくい領域において検査所要時間の短縮を図りつつ、欠陥が発生しやすい領域において検査精度の向上を図ることができる。

【0051】実施の形態 4. 図 15 は、チップ 30 の構成例を模式的に示す上面図である。一つのチップ 30 内には、異なる種類の半導体素子が作り込まれた複数の領域 31 ~ 33 が存在し、各領域 31 ~ 33 によってパターンの粗密や有無が存在する。例えば DRAM 等のメモリ回路を構成するチップには、メモリセル領域と呼ばれるきわめて微細なパターン領域と、メモリセルを制御するための周辺回路領域とが存在する。また、近年では、ロジック回路とメモリ回路とが一つのチップ内に作り込まれているものも多く見られる。そして、このようなパターンの粗密や有無の影響によって、あるいはパターンの粗密や有無に起因する膜厚むらの影響によって、チップに光を照射した場合の光の反射率が、チップ内の領域によって異なる。本実施の形態 4 では、反射率が異なる複数の領域を有するチップを検査対象とした欠陥検査装置を提案する。

【0052】図 1 に示した欠陥検査装置において、照明光源 4 にレーザ光源を使用する。これにより、光径がきわめて小さい照射光 L2 を利用して欠陥検査を実行することが可能となる。この場合、検出器 7 及び反射光強度測定部 11 の受光部には、レーザ光専用の検出器を使用するのが望ましい。

【0053】また、図 1 には示していないが、明視野の顕微鏡タイプの光学系を用いて欠陥検査装置を構成することもできる。この場合、分解可能な最小領域は検出画像の画像サイズで決定され、この画像サイズは十分に小

さいため、検出光学系そのものを使用して反射光 L 4 の強度を測定することが可能となる。

【0054】以下、検査対象たるチップ 30 の欠陥の有無を検査する方法について説明する。まず、欠陥が生じていないチップ 30（以下「サンプルチップ」と称する）の形状に関するデータ D 1（本実施の形態 4 では、サンプルチップ 30 の検査面内における領域 31～33 の配置パターンに関するデータに相当する）を外部から第 1 主制御部 12 に入力する。ここで、サンプルチップ 30 は、サンプルウェハ 100 内の任意のチップ 30 と

【0055】反射光強度測定部 11 は、上記と同様の方法により、サンプルチップ 30 の各領域 31～33 ごとに個別に反射光 L 3 の強度を測定する。図 16 は、その測定結果を模式的に示す図である。反射光 L 3 の強度が、領域 33 では強く（b）、領域 31 では弱く

（d）、領域 32 ではその中間値（m）である場合の測定結果を示している。また、フィルタ制御部 14 は、上記と同様の方法により、各領域 31～33 からの反射光 L 4 の強度が被検査チップ 30 の検査面で均一になるように、照射光 L 2 の強度をフィルタ 5 によって制御する。図 17 は、フィルタ 5 による制御後の、各領域 31～33 からの反射光 L 4 の強度分布を模式的に示す図である。領域 31～33 からの反射光 L 4 の強度はいずれも中間値（m）となっており、均一に補正されていることが分かる。

【0056】このように本実施の形態 4 に係る欠陥検査装置によれば、チップ 30 内の各領域 31～33 における反射率を予め求め、検査時には、各領域 31～33 からの反射光 L 4 の強度が均一になるように、照射光 L 2 の強度をフィルタ 5 によって制御する。従って、パターンの粗密や有無等に起因してチップ 30 内の各領域 31～33 ごとに反射光の強度が異なる場合であっても、ノイズの発生を抑制することができ、欠陥の検出精度を高めることができる。

【0057】なお、チップ内での反射光強度の均一化のみならず、上記各実施の形態で述べたウェハ面内での反射光強度の均一化をも併せて実行してもよい。但し、ウェハ面内での均一化のみを行い、チップ内での均一化を行わない場合であっても、ウェハレベルでは検査精度の向上を十分に達成することはできる。

【0058】実施の形態 5. 上記実施の形態 4 に係る欠陥検査装置において、チップ 30 内の各領域 31～33 ごとに欠陥のキラーサイズ（「致命サイズ」とも称される）を個別に設定し、第 2 主制御部 9 にデータとして予め入力する。キラーサイズはデバイスの設計基準に基づいて決定され、対象となるプロセスや膜の種類によっても異なる。例えば、配線ピッチの $1/2 \sim 1/3$ をキラーサイズとして決定することが考えられる。そして、検査時において第 2 主制御部 9 は、図 18 に示すように、

キラーサイズ T 以上の欠陥のみを欠陥として検出する。

【0059】このように本実施の形態 5 に係る欠陥検査装置によれば、第 2 主制御部 9 はキラーサイズ T 未満の欠陥を欠陥として検出しないため、製品の歩留まりに影響を与える致命欠陥のみを効率的に検出することができる。

【0060】加えて、チップ 30 内における致命領域の位置情報を、データとして第 2 主制御部 9 に予め入力しておいてもよい。ここで、致命領域とは、欠陥の存在がデバイスにとって致命的となり得る領域を意味し、例えば、パターンが密である領域を致命領域として設定することができる。これにより、第 2 主制御部 9 は、致命領域に生じている致命欠陥のみを欠陥として検出することが可能となる。

【0061】実施の形態 6. 上記実施の形態 1 では、フィルタ 5 としてアッテネータ形式のフィルタを使用する場合について説明したが、印加する電圧の大小により光の透過率を制御可能な液晶フィルタを使用することもできる。使用する液晶フィルタとしては、光の透過率をフィルタ面内において一律に変化させる液晶シャッター方式の液晶フィルタ、あるいは、マトリクス電極を有し、画像情報を入力することにより光の透過率をフィルタ面内で非均一的に制御可能な、液晶プロジェクション方式の液晶フィルタを使用することができる。

【0062】このように本実施の形態 6 に係る欠陥検査装置によれば、フィルタ 5 に液晶フィルタを使用する。液晶フィルタはアッテネータ形式のフィルタと比較すると、制御性に優れており、反応速度も速いため、より細かなフィルタ制御が可能となる。

【0063】また、液晶プロジェクション方式の液晶フィルタを使用した場合は、フィルタ面内において光の透過率に面内分布を持たせることができ、しかも、照射領域によってその面内分布を変化させることも可能であるため、照射光 L 2 の強度を適切に制御することができ、反射光 L 4 の強度を検査面内において適切に均一化することができる。

【0064】

【発明の効果】この発明のうち請求項 1 に係るものによれば、膜厚むら等に起因して検査面内で光の反射率が異なる場合であっても、光強度制御部でこれを補正することができ、ノイズの発生を抑制して欠陥の検出精度を高めることができる。

【0065】また、この発明のうち請求項 2 に係るものによれば、液晶フィルタは制御性に優れており、反応速度も速いため、より細かなフィルタ制御が可能となる。

【0066】また、この発明のうち請求項 3 に係るものによれば、光照射部から検査面に照射される光の強度を適切に制御することができ、反射光の強度を検査面内において適切に均一化することができる。

【0067】また、この発明のうち請求項 4 に係るもの

によれば、表面に膜が形成されたウェハに関して、欠陥、特に異物の検査を高精度に実行することができる。

【0068】また、この発明のうち請求項5に係るものによれば、チップごとあるいはダイごとに光の強度を制御するため、欠陥検査を高精度に実行することができる。

【0069】また、この発明のうち請求項6に係るものによれば、反射率を求めるべきチップの個数を削減できるため、チップごとあるいはダイごとに反射率を求める場合と比較すると、検査所要時間の短縮を図ることができる。

【0070】また、この発明のうち請求項7に係るものによれば、欠陥が生じにくい第2の群に属するチップの検査においては、反射率を求めるべきチップの個数を削減できるため、チップごとあるいはダイごとに反射率を求める場合と比較すると、検査所要時間の短縮を図ることができる。また、欠陥が生じやすい第1の群に属するチップの検査においては、チップごとあるいはダイごとに反射率を求めるため、検査精度の向上を図ることができる。

【0071】また、この発明のうち請求項8に係るものによれば、領域ごとに光の強度を制御するため、欠陥検査を高精度に実行することができる。

【0072】また、この発明のうち請求項9に係るものによれば、検査部は、致命領域以外の領域に存在する欠陥や、致命領域に存在する致命サイズ未満の欠陥を欠陥として検出しないため、製品の歩留まりに影響を与える致命欠陥のみを効率良く検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1に係る欠陥検査装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明の実施の形態1に係る被検査ウェハ及びサンプルウェハの構成を示す側面図である。

【図3】 ウェハ面内の各位置における反射率の測定手順を説明するための概略図である。

【図4】 ウェハ面内の各位置における反射率の測定手順を説明するための概略図である。

【図5】 図3に示したラインXに沿った位置における反射光L3の強度の測定結果の一例を示す図である。

【図6】 反射光L3の強度のウェハ面内における分布*40

*を例示する図である。

【図7】 反射光L3の強度のウェハ面内における分布を例示する図である。

【図8】 フィルタによる制御後の、反射光L4の強度分布を示す図である。

【図9】 第2主制御部における欠陥判定方法を説明するための図である。

【図10】 ウェハ内におけるチップの配置パターンを示す上面図である。

【図11】 チップの分類方法の一例を示す概念図である。

【図12】 チップの分類方法の他の一例を示す概念図である。

【図13】 チップの分類方法の他の一例を示す概念図である。

【図14】 チップの分類方法の他の一例を示す概念図である。

【図15】 チップの構成例を模式的に示す上面図である。

【図16】 サンプルチップの各領域ごとに個別に反射光L3の強度を測定した測定結果を模式的に示す図である。

【図17】 フィルタによる制御後の、各領域からの反射光L4の強度分布を模式的に示す図である。

【図18】 第2主制御部における欠陥判定方法を説明するための図である。

【図19】 従来の欠陥検査装置の構成を概略的に示すブロック図である。

【図20】 ウェハの構成を部分的に拡大して示す上面図である。

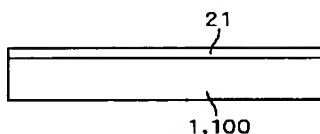
【図21】 画像データDA、DB、及び差分データDB-DAを表す図である。

【図22】 従来の欠陥検査装置の問題点を説明するための図である。

【符号の説明】

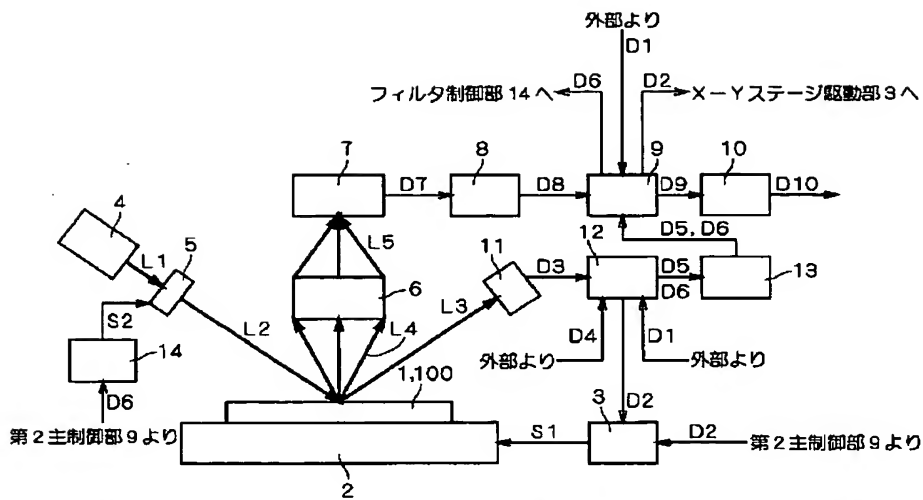
1 被検査ウェハ、4 照明光源、5 フィルタ、6 検出光学系、7 検出器、8 検出データ記憶部、9 第2主制御部、11 反射光強度測定部、12 第1主制御部、14 フィルタ制御部、30 チップ。

【図2】



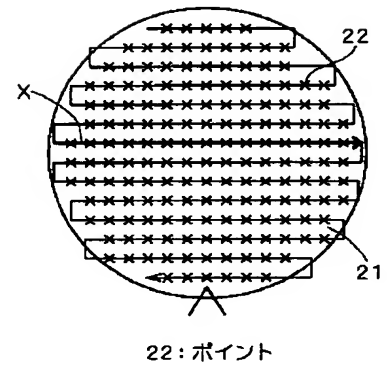
21: 膜

【図1】

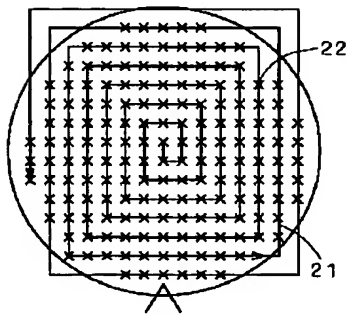


- 1: 被検査ウェハ 5: フィルタ 9: 第2主制御部 13: データ記憶部
 2: X-Yステージ 6: 検出光学系 10: 外部通信装置 14: フィルタ制御部
 3: X-Yステージ駆動部 7: 検出器 11: 反射光強度測定部 100: サンプルウェハ
 4: 照明光源 8: 検出データ記憶部 12: 第1主制御部

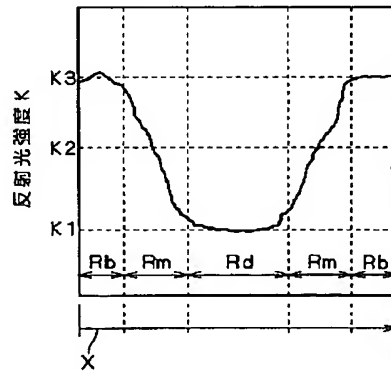
【図3】



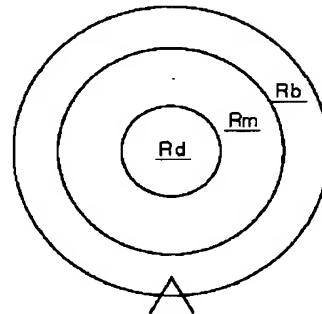
【図4】



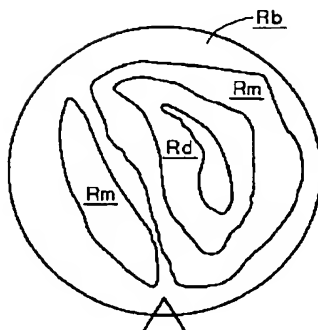
【図5】



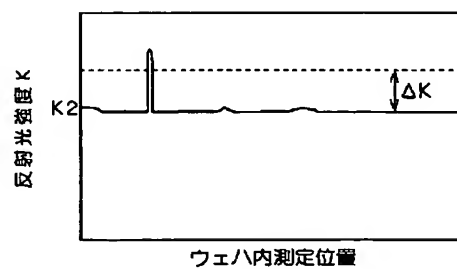
【図6】



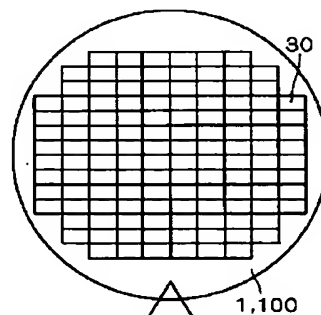
【図7】



【図9】

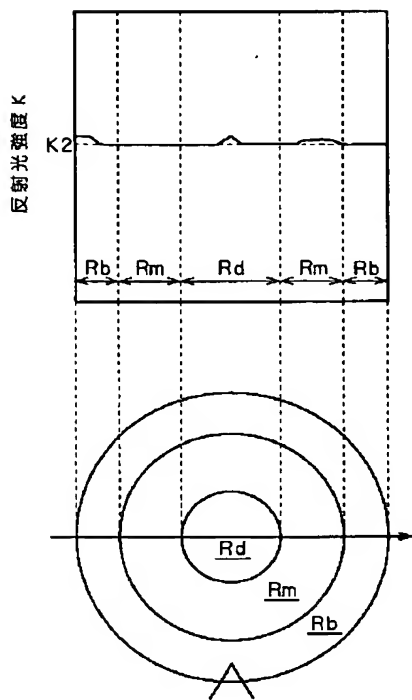


【図10】

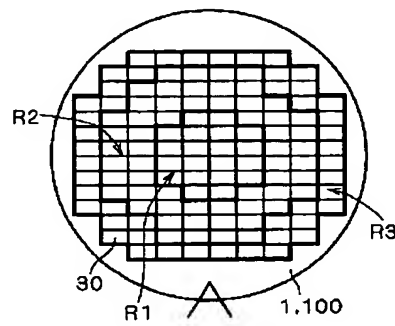


30: チップ

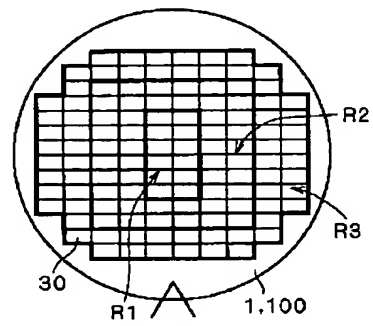
【図 8】



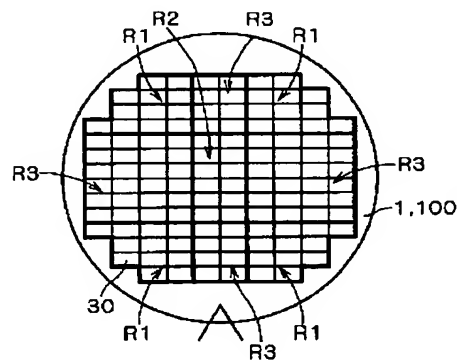
【図 11】



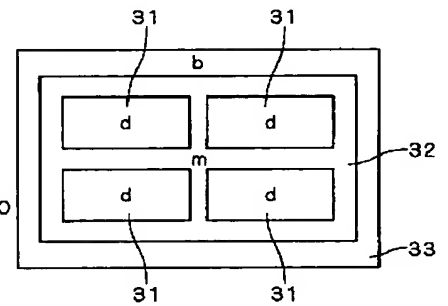
【図 12】



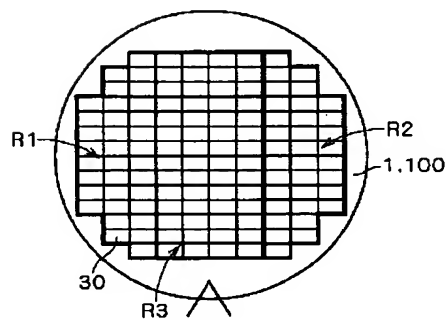
【図 14】



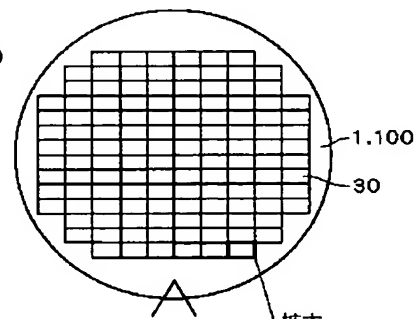
【図 16】



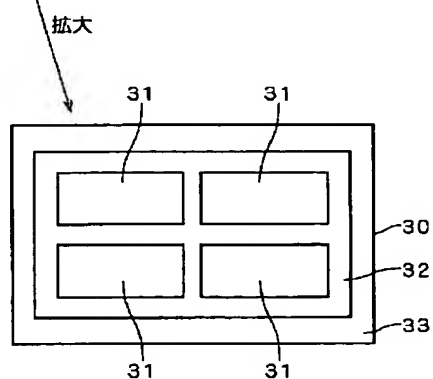
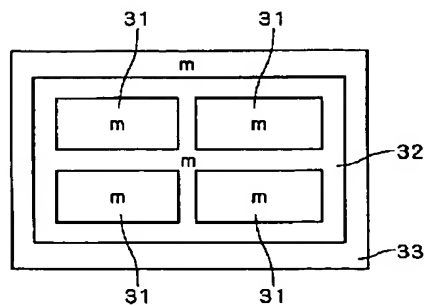
【図 13】



【図 15】

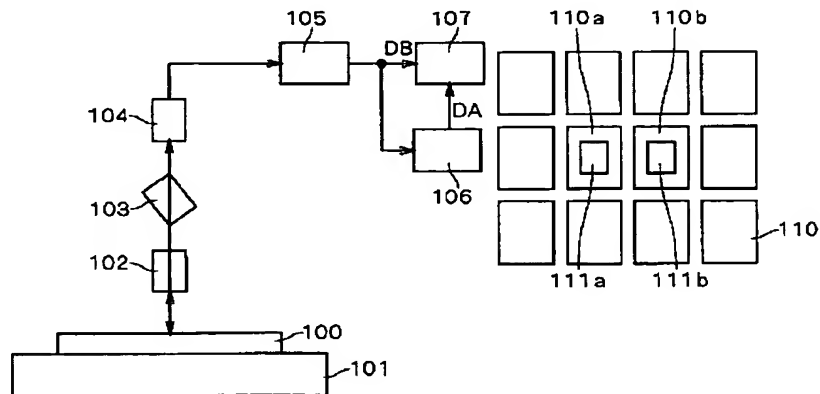


【図 17】

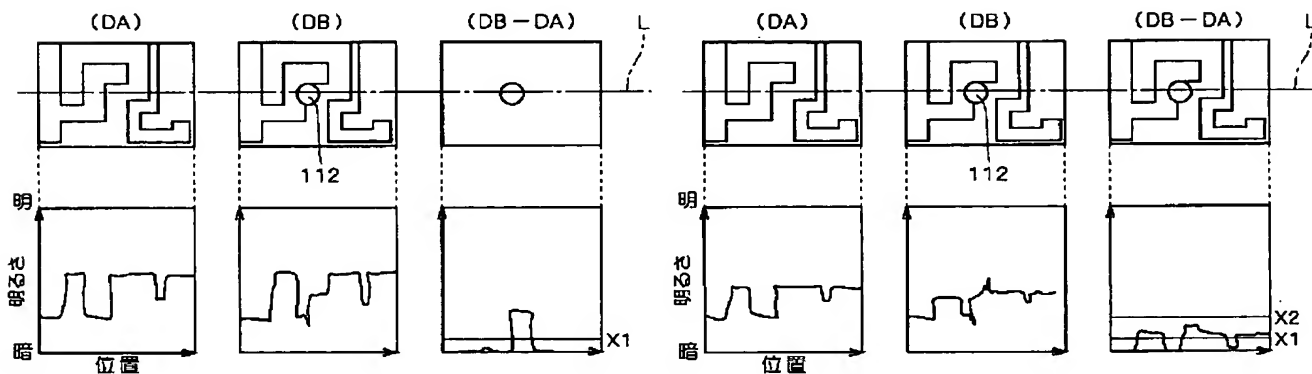


31~33 : 領域

【図 20】



【図 2 2】



F ターム(参考) 2F065 AA49 BB02 CC19 FF44 HH12
JJ05 JJ08 JJ09 JJ17 JJ19
JJ26 LL24 LL31 LL53 NN03
NN16 PP12 QQ23 QQ42 RR09
2G051 AA51 AA61 AB02 BA20 BB07
CA02 CA04 CB01 CB05 DA07
EA14 EB01 EB02 EC03